

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭61-29128

⑬ Int.Cl.<sup>4</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 昭和61年(1986)2月10日

H 01 L 21/302

C-8223-5F

審査請求 有 発明の数 1 (全10頁)

⑮ 発明の名称 プラズマ処理装置

⑯ 特 願 昭59-150202

⑰ 出 願 昭59(1984)7月19日

⑱ 発 明 者	森 下	明 平	川崎市幸区小向東芝町1番地	株式会社東芝総合研究所内
⑱ 発 明 者	小 豆 沢	照 男	川崎市幸区小向東芝町1番地	株式会社東芝総合研究所内
⑱ 発 明 者	山 崎	隆	川崎市幸区小向東芝町1番地	株式会社東芝総合研究所内
⑲ 出 願 人	株 式 会 社	東 芝	川崎市幸区堀川町72番地	
⑳ 代 理 人	弁 理 士	鈴 江 武彦	外2名	

明 細 書

1. 発明の名称

プラズマ処理装置

2. 特許請求の範囲

(1) 高周波電力が印加されると共に試料が配置される陰極及び該陰極に対向配置された陽極を備えたプラズマ処理室と、この処理室内に被処理ガスを導入する手段と、上記処理室内を排気する手段と、前記処理室外で前記陰極に対向配置される磁性コア及び該磁性コアに前記陰極と直交する方向に巻装され相互に位相の異なる交流電流が通流される複数のコイルからなり、前記陰極上に所定方向に連続移動する磁場を発生する磁場発生手段とを具備してなることを特徴とするプラズマ処理装置。

(2) 前記被処理ガスは、反応性ガスであり、これにより前記陰極上に配置される試料がエッチングされることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載のプラズマ処理装置。

(3) 前記陰極上に配置される試料の表面には、気

相成長により膜が形成されることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載のプラズマ処理装置。

(4) 前記陰極上に配置される試料は、膜形成の原料となるターゲットであり、このターゲットに対するスパッタリングにより前記陰極上に配置される部材に膜が形成されることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載のプラズマ処理装置。

(5) 前記磁性コアは断面が歯状でその複数の溝が前記陰極に対向するように配置され、前記各コイルは上記溝中に一辺が組込まれ他の一辺が該溝の反対側に位置するリング巻に上記磁性コアに巻装されることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載のプラズマ処理装置。

(6) 前記磁性コアは、前記試料より平面的に大であることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載のプラズマ処理装置。

(7) 前記複数のコイルは3n相(nは正の整数)のコイルを構成し、これらのコイルに3n相交流電流が通流されることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載のプラズマ処理装置。

(8) 前記磁場発生手段が配置される空間は、 $10^{-4}$  [torr] 以下の圧力下或いは大気中であることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載のプラズマ処理装置。

(9) 前記陰極は、前記試料が載置される領域の外側に磁性材料が設けられたものであることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載のプラズマ処理装置。

### 3. 発明の詳細な説明

#### (発明の技術分野)

本発明は、半導体装置の製造等に用いられるプラズマ処理装置に係わり、特にマグネトロン放電を利用して高速にドライエッチング若しくは膜形成等を行うプラズマ処理装置に関する。

#### (発明の技術的背景とその問題点)

近年、半導体集積回路は微細化の一途を辿り、最近では最小寸法が $1\sim 2$  [ $\mu m$ ]の超微細素子も試作開発されている。このような微細加工には、通常平行平板型電極を有する真空排気された容器内に $CF_4$ や $CCl_2$ 等の反応性ガスを導入し、

試料載置の電極(陰極)に高周波電力を印加することによりグロー放電を生じさせ、この陰極に生じる負の直流自己バイアス(陰極降下電圧)によりプラズマ中の正イオンを加速して試料に垂直に照射し、該試料を物理化学反応によりエッチングする、所謂反応性イオンエッチング(RIE: Reactive Ion Etching)法が用いられている。しかし、この平行平板電極によるRIEでは、ガス解離効果の比較的低いグロー放電を利用しているので、例えば $CF_4 + H_2$ ガスを用いた $SiO_2$ のエッチング速度は高々 $300\sim 400$  [ $\text{\AA}/\text{min}$ ]に過ぎず、コンタクトホール等の $1$  [ $\mu m$ ]膜厚の $SiO_2$ をエッチングするのに数10分以上もの時間を要し、量産性の点で極めて不都合であった。このため、エッチング速度の高速化が望まれている。

これに対し本発明者等は、高周波電力印加の陰極下に永久磁石からなる磁場発生手段を設け、マグネトロン放電により高速エッチングを可能としたドライエッチング装置を開発した(特開昭57

—98678号)。この装置の原理は、第8図に示す如く永久磁石1の閉ループを形成する磁極間隙2に発生する磁界3と、この磁界3に直交する電界4とにより、電子5をサイクロイド運動させ、導入した反応性ガスとの衝突頻度を大幅に増加させて多量の反応性イオンを発生させることにある。なお、図中6は被エッチング試料を示している。その結果、多量のイオンが試料6に垂直に入射することになり、高速の異方性エッチングが達成される。

しかしながら、この種の装置にあっては次のような問題があった。即ち、前記磁極間隙2を静止したままトラップ状に発生する高密度のマグネトロン放電領域7のみしかエッチングされず、試料6全体を均一にエッチングするためには磁極間隙2を試料6の長径より大きく走査する必要がある。第9図は $CF_4$ ガスにより $SiO_2$ をエッチングしたときのエッチング速度を試料エッジからの距離の関数として測定した結果を示す特性図である。なお、このとき磁極間隙2は第10図に

示す如く試料6のエッジから $30$  [ $mm$ ]離して静止させておいた。第9図から、試料エッジ付近では10秒間のエッチングで約 $1000\sim 2000$  [ $\text{\AA}$ ]エッチングされ、試料エッジより内側となる程エッチング速度が遅くなることが判る。前記走査の戻り時間が例えば $0.05$ 秒と高速であったとしても、約80回の走査で2秒間磁極間隙2を試料6の両側に静止させたことと等価となり、従ってこの走査回数において第10図に示す状態でエッチングされる試料エッジの深さは $500$  [ $\text{\AA}$ ]に近い値となる。このような周辺の領域の速いエッチングが試料全体の均一エッチング性を低下させる要因となる。これを防止する手法として磁極間隙2の走査幅を広げることが考えられるが、この場合装置の大形化やエッチング速度の低下等を招き、将来の大口極化(6インチ以上)への対応が困難となる。

また、上述した問題はエッチングに限らずプラズマCVDやスパッタリング堆積による膜形成にも同様に言えることである。例えば、スパッタリ

ング堆積の場合、平行平板型電極を用い陰極に試料としてのターゲットを、陽極に膜形成されるべきウェハを配置して膜形成を行う際に、陰極上のターゲットが均一にエッチングされないで試料上に形成される膜が不均一となり、均一な膜形成ができないし、ターゲットの寿命も短くなってしまう。

#### (発明の目的)

本発明の目的は、装置構成の大形化を招くことなく、試料を均一に高速エッチング或いは試料上に均一な厚みの膜を形成すること等ができ、且つ試料の大口径化にも十分対処し得るプラズマ処理装置を提供することにある。

#### (発明の概要)

本発明の骨子は、前述した磁極間隙を有する永久磁石に代えて、所定方向に連続移動可能な磁場を電気的に発生する磁場発生手段を用いることにある。

即ち本発明は、高周波電力が印加されると共に表面側に試料が配置される陰極及び該陰極に対向

配置された陽極を備えたプラズマ処理室と、この処理室内に被処理ガスを導入すると共に、上記処理室内を排気する手段と、磁性コア及び該磁性コアに上記陰極と直交する方向に巻装され相互に位相の異なる交流電流が通流される複数のコイルからなり、前記処理室外で前記陰極の裏面側に対向配置され、該陰極の表面側に磁場を印加し且つこの磁場を一方向に連続移動する磁場発生器とを具備してなるものであり、上記磁場発生器により陰極の表面側に進行磁界を発生させ、仮想的に高密度プラズマ領域を試料上で均一に一方向に走査するようにしたものである。

#### (発明の効果)

本発明によれば、磁性コア及び複数のコイルからなる磁場発生手段により高密度プラズマ領域を常に一方向に走査することになるので、陰極上に試料として被エッチング試料を配置した場合、試料全体を高速エッチングすることができる。しかも、磁極間隙を往復走査させた場合のように試料エッジ近傍のエッチング速度が特に速くなる等の

不都合はなく、試料全体を均一にエッチングすることができる。また、陰極上に膜形成されるべき試料を配置した場合、その膜の均一性を向上させることができる。さらに、陰極上に試料としてのターゲットを、陽極上に膜形成されるべき部材を配置した場合、ターゲットが高速に均一エッチングされるので、試料上に被膜を均一に且つ速やかに形成することができる。また、前記高密度プラズマの走査を電気的に行うことができ、つまり磁場発生手段を固定したまま磁場を一方向に連続移動できるので、装置構成の小形化をはかり得る。さらに、上記理由から機械的可動部が不要となり、信頼性の向上をはかることができる。従って、半導体製造技術分野における有用性は絶大であり、試料の大口径化にも十分対処し得る。

#### (発明の実施例)

第1図は本発明の第1の実施例に係わるドライエッチング装置を示す概略構成図である。図中11は接地された容器であり、この容器11内は陰極12によりエッチング室(プラズマ処理室)と

13と磁場発生器収納室14とに分離されている。陰極12には、マッチング回路15を介して高周波電源16からの高周波電力が印加される。また、陰極12は水冷管17により冷却されており、この水冷管17は上記電力印加のリードとして用いられる。エッチング室13には反応性ガス、例えばCF<sub>4</sub>を導入するためのガス導入口13a及び上記ガスを排気するためのガス排気口13bがそれぞれ設けられている。そして、被エッチング試料18はエッチング室13内の陰極12上に設置されるものとなっている。なお、陰極12に対向する陽極はエッチング室13の上壁で形成されるものとなっている。

一方、前記磁場発生器収納室14内には磁性コア20及び数10本以上の細い導線を束ねたコイル30からなる磁場発生器40が陰極12の下面对向して配置されている。ここで、磁性コア20は第2図に示す如く磁性材料の薄板を積層してなり、上面に複数の溝21を一定間隔に形成した断面が櫛歯状のものであり、溝21の長さは試

料18の長径よりも長く、同様に溝21と直交する方向の磁性コア20の長さも試料18より長いものとなっている。磁性コア20には内部に水路を持つ水冷板22が取付けられ、この水冷板22に接続された水冷管23により水冷板22内に冷却水が通流され、磁性コア20が冷却されるものとなっている。さらに、前記コイル30の製作後に磁性コア20の溝21にコイル30の一辺を組込むために、磁性コア20は歯状コア20aとバックコア20bとに分割可能な構造となっている。また、前記コイル30は第1乃至第3のコイル31a、31b、31cからなるもので、第3図(b)に示す如く磁性コア20の溝21にリング巻で周期的に巻装されている。即ち、コイル31aは溝21中に一辺が組込まれ他の一辺が該溝21の反対側に位置するよう磁性コア20に巻装され、さらに3つの溝21毎にそれぞれ直列接続されている。他のコイル31b、31cについても同様である。そして、これらのコイル31a、31b、31cには位相の異なる3相交流電流が

通流されるものとなっている。

ここで、上記各コイル31a、31b、31cに互いに120度位相の異なる3相交流電流を流すと、磁場発生器40上、つまり前記陰極12上には第3図(a)に示す如く、次式で与えられるような磁束密度Bが発生する。

$$B = B_0 \cos(\omega t - \pi x / \tau) \dots \dots \textcircled{1}$$

ただし、 $\omega = 2\pi f$ ；電源の角周波数[rad/s]、 $f$ ；周波数[Hz]、 $t$ ；時間[s]、 $x$ ；磁性コア表面上の基準点からの距離[mm]、 $\tau$ ；ポールピッチ[mm]である。ポールピッチは図に示すように磁束密度の半波長、即ち半周期の長さである。上式より明らかなように、Bは時間と共に紙面右方向に移動していく進行磁界となる(第3図(a)は $t=0$ の時の関係を示している)。なお、第3図(b)は前記第2図の矢視A-A断面に相当する断面模式図である。従って、陰極12面上には磁性コア20の水平方向に強弱を持つ平行磁界が発生し、あたかも移動しているように見えることになる。即ち、前記第8図で説明したように

陰極12上に高密度のプラズマ領域が発生し、このプラズマ領域が一方方向に連続移動することになる。

また、前記磁場発生器収納室14にはガス排気口14aが設けられており、収納室14内は前記磁場発生器40による放電を防止するためのガス排気口14aを介して $10^{-4}$ [torr]以下の高真空中に排気されている。さらに、収納室14と前記エッチング室13との間には、電磁弁51により駆動される仕切り弁52が設けられており、この仕切り弁52によりエッチング時に各室13、14が遮断されるものとなっている。なお、第4図中53は弗素樹脂等の絶縁物、54はOリングシールをそれぞれ示している。

このように構成された本装置の作用について説明する。まず、ガス導入口13aからエッチング室12内に例えば $CF_4$ 等の反応性ガスを導入し、エッチング室12内を $10^{-4}$ [torr]に保持した後、陰極12に高周波電力(13.56MHz)を印加すると、陰極12と陽極(エッチング室

13の上壁)との間にグロー放電を生じ低密度プラズマ領域61を発生する。これと同時に、前記コイル30に交流電流を通流すると、各磁極間隙では、互いに直交する電界Eと磁界Bの作用により図中に示したように互いに位相のずれた大、中、小のマグネトロン放電を生じ、電子が $E \times B$ 方向にサイクロイド運動を行いながら $CF_4$ 分子と多数回衝突を繰返すことにより、高密度プラズマ領域62が磁極間隙に沿って発生する。この高密度プラズマ領域62は前記第3図で説明したように一方向への進行磁界に同期して動くため、試料18が高密度プラズマ領域62に晒される間の積分値は試料全面で一定となる。このため、試料全面が均一に且つ高速にエッチングされることになる。

このように本装置によれば、磁場発生器40の作用により試料18を高速で且つ均一にエッチングすることができる。さらに、磁場発生器40の大きさは試料18より僅かに大きい程度でよく、装置の大形化を招くこともない。また、機械的可

動部が不要となるので信頼性の向上をはかり得、さらにこのことから装置構成の小形化をはかり得る。また、本装置では試料18が常に高密度プラズマ領域62に晒されることになるので、試料18が大口径化してもエッチング速度の低下は極めて小さく、前記磁極間隙を静止させたときに近いエッチング速度(約 $5\mu m/min$ )を得ることができる。

また、本実施例装置によれば、先に本発明者等が提案したプラズマ処理装置(特願昭59-17796号)に比較しても次のような利点がある。即ち、先願の装置では第11図に示す如く磁場発生器40として3相交流2巻巻コイルを用いているので、磁場発生器40の両端でコイルが一層巻となることから、移動磁界方向の全寸法に対するエッチングに有効な均一磁場を得られる移動磁界方向の寸法の比率が低くなる。このため、試料18の大きさに比して磁場発生器40の移動磁界方向の長さが長くなり、試料の大口径化に伴う磁場発生器の収納スペースの確保が困難になる虞れ

がある。これに対し、本実施例装置では、コイルの巻方が移動磁界方向に対し一定であるので、先願のような無効部分がなく、移動磁界方向の寸法を先願よりも短くすることが可能である。このため、磁場発生器のより小型化をはかり得、該発生器の収納スペース等の問題も解決できるのである。

第4図は本発明の第2の実施例を説明するための要部構成図である。この実施例が先に説明した実施例と異なる点は、前記陰極12上にヘルムホルツコイル71、72を設けたことにあり、他は先の実施例と全く同様である。

このような構成であれば、ヘルムホルツコイル71、72に電流を流すことにより、試料18表面上の磁界強度を増強させることができる。これにより、試料表面の水平磁界が大きくなり、従ってイオンの加速電圧が大幅に低下してラジエーションダメージが軽減されると言う利点がある(Y. Horiike, H. Okano; Jpn. J. Appl. phys. 20(1981) L817 参照)。

第5図は本発明の第3の実施例に係わるドライエッチング装置を示す概略構成図である。なお、第1図と同一部分には同一符号を付して、その詳しい説明は省略する。この実施例が先の第1の実施例と異なる点は、前記磁場発生器40を大気中に配置したことにある。即ち、上記磁場発生器40を有する装置では、磁極間隙に発生する磁界の大きさ及び高周波電力の大きさを十分小さくしても従来装置を大幅に上回るエッチング速度を得ることができるので、陰極12の厚みを十分厚く(10mm以上)することもでき、格別に高真空の磁場発生器収納室14を設けなくても磁場発生器40が放電する等の虞れは殆どない。

従って本実施例においては、先の実施例と同様な効果が得られるのは勿論のこと、装置構成のより簡略化をはかり得る等の利点がある。

第6図は本発明の第4の実施例に係わるドライエッチング装置を示す概略構成図である。なお、第1図と同一部分には同一符号を付して、その詳しい説明は省略する。この実施例が先の第1の実

施例と異なる点は、前記陰極12の外周に磁性材料を埋込んだことにある。即ち、陰極12の上には前記試料18が設置される領域より外側に該領域を囲むように鉄板80が埋込まれている。

このような構成であれば、前記磁極間隙の端部が仮に鉄板80の下にあっても磁力線の大部分が透磁率の高い鉄板80内を通過することになり、鉄板80上には磁界は発生しない。このため、試料18の周辺部の高密度プラズマ領域62が除去されることになる。従って、進行磁界方向の均一性の向上をはかり得、より均一性良いエッチング速度を得ることができる。

なお、本発明は上述した各実施例に限定されるものではない。例えば、前記磁場発生器のコイルは3相巻線に限るものではなく、2相以上であればよく、好ましくは3n相(nは正の整数)であればよい。つまり、磁場発生器は、磁性コア及び複数のコイルからなり、前記陰極上に磁場を生成しこの磁場を一方向に連続移動できるものであればよい。また、磁性コアに形成する溝の大きさ及

びその間隔等は仕様に依じて適宜変更可能である。さらに、コイルに流す電流は3相交流に限るものではなく、コイルの相数に応じた交流、つまり2相以上の交流であればよい。ここで、コイル及び交流電流の相数を増やす程、より均一な磁場分布を得ることが可能である。また、前記陰極を第7図に示す如くトラック状に形成し磁場発生器もトラック状に形成することにより、複数の試料を同時にエッチングするようにしてもよい。これにより量産性の向上をはかり得る。さらに、試料の落下防止手段を付加すれば、各実施例装置の上下関係を逆にすることも可能である。また、試料としては $SiO_2$ に限らず、各種被膜のエッチングに適用できるのは勿論のことである。

また、本発明装置はエッチングに限らず、プラズマCVDやスパッタリング堆積等の膜形成、或いは灰化処理にも適用することができる。ただし、スパッタリング堆積の場合前記陰極上に試料としてのターゲットを配置し、前記陽極上に膜形成されるべき部材を配置する必要がある。そしてこの

場合、前述した被エッチング試料のエッチングと同様にターゲットが高速で均一にエッチングされるので、試料上に被膜を速い速度で形成することができ、且つ形成される被膜の膜厚を均一にすることができる。さらに、エッチングの場合と同様に磁場発生器を固定したまま磁場を一方向に移動できるので、装置構成の小型化をはかり得、機械的可動部が不要なことから信頼性の向上をはかり得る。また、プラズマ処理室に導入する被励起ガスは、陰極上の被エッチング試料、被堆積試料或いはターゲットの種類に応じて適宜定めればよい。その他、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々変形して実施することができる。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図乃至第3図はそれぞれ本発明の第1の実施例に係わるドライエッチング装置を説明するためのもので第1図は全体構成を示す概略構成図、第2図は磁性コア構造を示す斜視図、第3図はコイルの巻き方及び発生磁界を示す模式図、第4図は第2の実施例を説明するための要部構成図、第

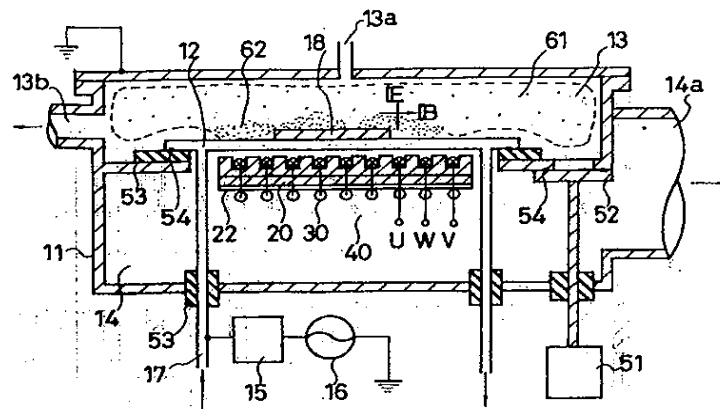
5図は第3の実施例を示す概略構成図、第6図は第4の実施例を示す概略構成図、第7図は変形例を説明するための要部構成図、第8図乃至第10図はそれぞれ従来の問題点を説明するためのもので第8図はマグネトロン放電利用のドライエッチング装置の原理を示す斜視図、第9図は試料位置とエッチング深さとの関係を示す特性図、第10図は磁極間隙と試料位置との関係を示す模式図、第11図は本発明者等が先に提案したプラズマ処理装置（特願昭59-17796号）の全体構成を示す概略構成図である。

11…エッチング容器、12…陰極、13…エッチング室（プラズマ処理室）、13a…ガス導入口、13b、14a…ガス排気口、14…磁場発生器収納室、15…マッチング回路、16…高周波電源、17…水冷管、18…被エッチング試料、20…磁性コア、20a…歯状コア、20b…バックコア、21…溝、30、31a、31b、31c…コイル、51…電磁弁、52…仕切り弁、61…低密度プラズマ領域、62…高

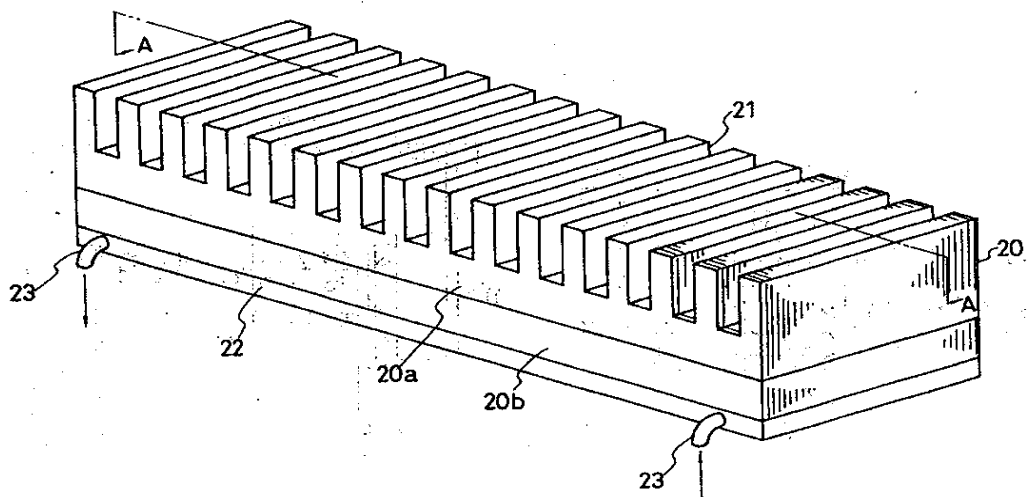
密度プラズマ領域、71、72…ヘルムホルツコイル、80…鉄板。

出願人代理人 弁理士 鈴江武彦

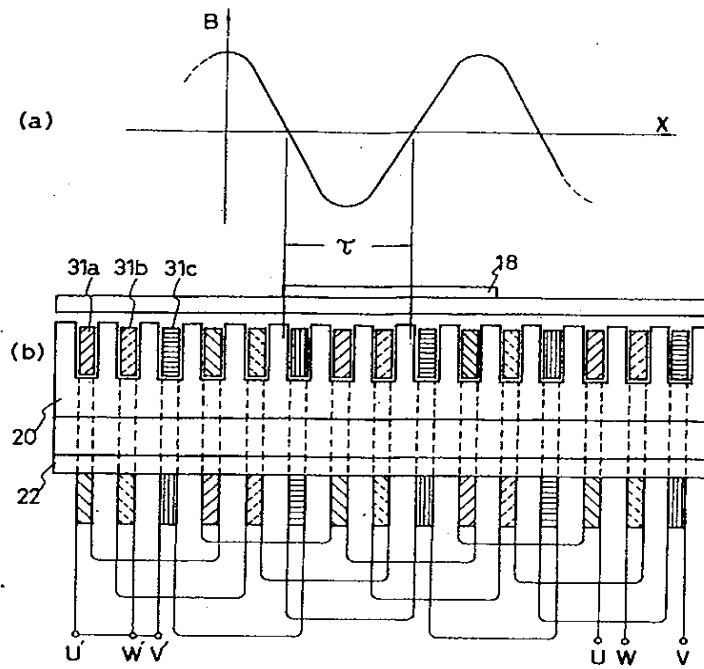
第 1 図



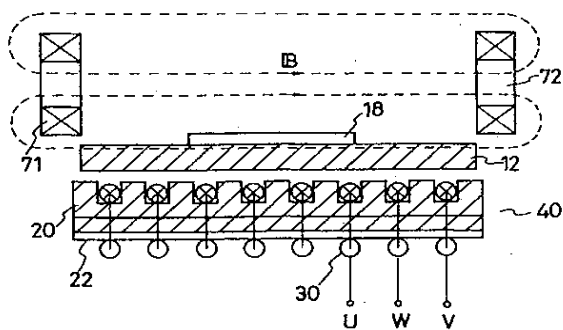
第 2 図



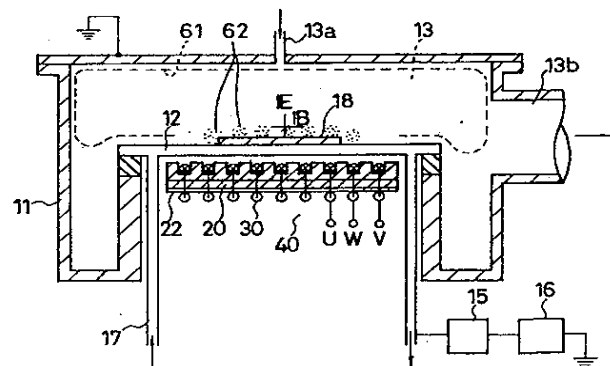
第 3 図



第 4 図

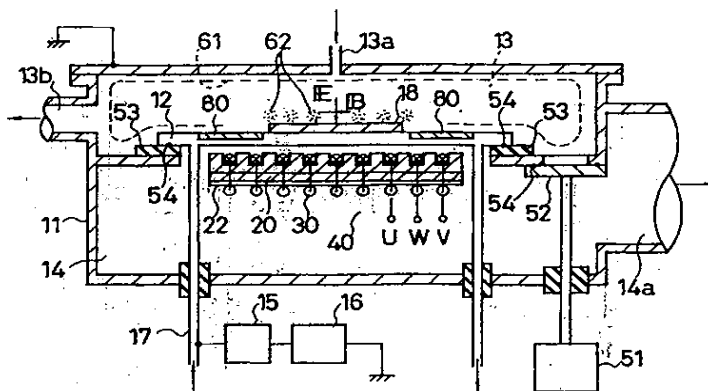


第 5 図

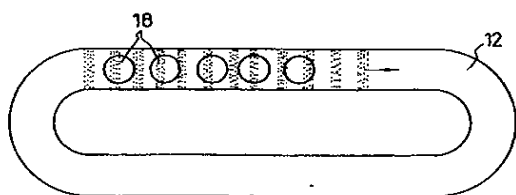




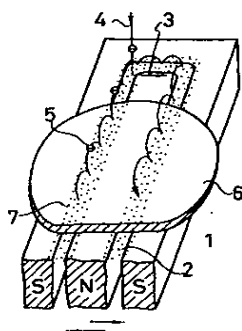
第 6 図



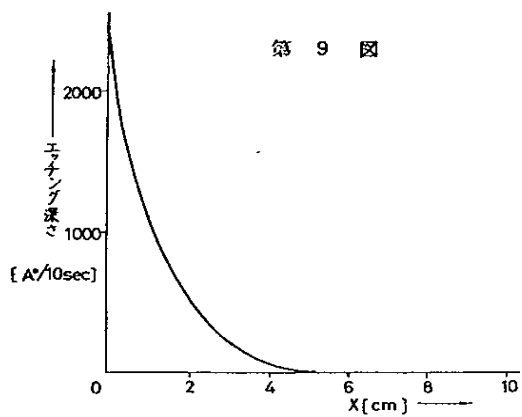
第 7 図



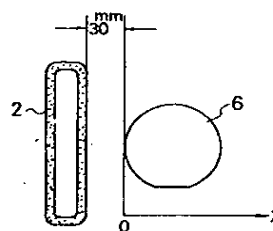
第 8 図



第 9 図



第 10 図



第 11 図

